Предложение

от доц. Кирил Мечков
за провеждането на лабораторните упражнения
по *Електротехника* и *Измервания*
на IT студентите от ИТИ

Въз основа на опита, който имам от провеждането на лабораторните упражнения по дисциплините *Полупроводникови елементи* (ППЕ), *Микропроцесорна техника* (МПТ) и *Специализирана компютърна електроника* (СКЕ), и наличната материална база в лаб 1217, допълнена с минимални средства, ето как си представям провеждането на лабораторните упражнения по *Електротехника* (ТЕ) и *Измервания* (ЕИ) на IT студентите от ИТИ.

Технически средства. Готовите макети скриват същността на изследваните обекти. Затова предлагам да се използват експериментални платки за монтаж без запояване и специално пригодени за целта елементи, захранващи блокове и измервателни средства. Така упражненията ще представляват свободно провеждани експерименти от студентите с реални електрически елементи и измервателни уреди. Този начин на провеждане на лабораторните упражнения е добре изпитан от мен, защото го използвам от 2015 год. в изброените по-горе дисциплини.

Лаборатория. Упражненията могат да се провеждат в лаб. 1217. Тя е оборудвана с необходимите средства (материали, елементи, измервателни уреди), които се използват по същото време и в лабораторните упражнения на дисциплината ППЕ.

Съдържание. Начинът на провеждане и съдържанието на класическите лабораторни упражнения по *Електротехника* и *Измервания* не дават на IT студентите знанията и уменията, необходими за усвояването на полупроводниковите прибори и електронните схеми, реализирани чрез тях. Това ни принуждава да посвещаваме първите занятия по ППЕ на основни неща от електротехниката (например, източник на напрежение и ток) и от измервателната техника (волтметър и амперметър), за да можем да ги проведем. Допълнителна трудност за нашите IT студенти е, че те нямат други схемотехнически дисциплини като Специализирана компютърна електроника и Цифрова схемотехника на КСИ.

Ето защо по-долу предлагам идейно съдържание на лабораторните упражнения по *Електротехника* и *Измервания*, което съответства на професионалната насоченост на студентите от ИТИ като бъдещи IT специалисти. То е извлечено от лабораторните занятия по ППЕ, МПТ и СКЕ през последните няколко години, и е необходимо за целите на тези дисциплини. Това е *Електротехника* и *Измервателна техника* за целите на *Електрониката*… или накратко, ***Електротехника за електроници***.

Полезността на включените теми е проверена чрез многобройните ми участия във форумите на платформата за въпроси и отговори StackExchange Electrical Engineering, Codidact и научната мрежа ResearchGate. Това са въпросите, които се задават и обсъждат най-много в тези уеб платформи.

Провеждане. Упражненията са разделени на две групи (*Електротехника* и *Електрически измервания*) от по шест упражнения. При избрания начин на провеждане на занятията (всяка подгрупа по 4 уч. часа през седмица), те могат да бъдат групирани (Е1 + И1, Е2 + И2, и т.н.). Така, през първите два часа може да се провежда упражнението по *Електротехника*, а през следващите два - по *Електрически измервания*.

ЕЛЕКТРОТЕХНИКА

Е 1: Встъпително упражнение

(между лабораторно и семинарно)

Организационни въпроси

1. **Разписание**
2. **Начин на провеждане:** 4 работни места, свободни експерименти върху универсални платки.
3. **Протоколи:** описва се в свободна форма (ръкописен, електронен или смесен вид) това, което е правил студентът.
4. **Техника на безопасност.**

Основни електрически елементи

1. **Електрически величини**: *напрежение, ток и съпротивление* (интуитивна представа, аналогии).
2. **Електрическа верига:** *източник*, *съединителни проводници* и *товар*. Напрежителни падове и ток.
3. **Електрически елементи**:
    a. ***Източник на напрежение***: идеален, реален
        i. Интуитивна представа, аналогии
        ii. Свойства: номинално напрежение, ниско вътрешно съпротивление, максимален ток, волт-амперна характеристика
        iii. Практически източници на напрежение: батерии, акумулатори, стабилизирани токоизправители (адаптори)
        iv. Свързване на източници на напрежение: последователно, паралелно (проблеми)
    b. ***Източник на ток*****:** идеален, реален
        i. Интуитивна представа, аналогии

ii. Свойства: номинален ток, високо вътрешно съпротивление, максимално напрежение, волт-амперна характеристика

iii. Практически източници на ток: зарядни устройства за акумулатори, захранващи устройства за светодиоди

iv. Свързване на източници на ток: паралелно, последователно (проблеми)

v. Превръщане на източник на ток в източник на напрежение (по Нортън)

c. ***Резистор*****:** постоянен, променлив

i. Интуитивна представа, аналогии

ii. Свойства: номинално съпротивление, максимална разсейвана мощност, волт-амперна характеристика

iii. Практически резистори: естествени (примери), изкуствени (видове)

iv. Дискусия: Възможен ли е резистор с "отрицателно съпротивление" и какво би означавало това?

d. ***Променлив резистор (реостат) и потенциометър***

i. Устройство и принцип на действие

ii. Видове: линейни/нелинейни, линейни/кръгови

4. Измервателни уреди (бегло, доколкото е необходимо за провеждане на началните експерименти по *Електротехника*; по-подробно, в *Електрически измервания*)**:**

a. ***Волтметър*****:** идеален, реален

i. Устройство и принцип на действие: магнитоелектричен, електронен

ii. Свойства: максимално напрежение (обхват), високо вътрешно съпротивление

b. ***Амперметър***: идеален, реален

i. Устройство и принцип на действие: магнитоелектричен, електронен

ii. Свойства: максимален ток (обхват), ниско вътрешно съпротивление

5. **Методи за визуализиране на електрическите величини (интуитивна представа, аналогии):**
   a. **Напрежителни стълбчета**
   b. **Потенциални диаграми**
   c. **Токови контури**
   d. **Графоаналитичен метод ("товарна права")**
6. **Методи за снемане на волт-амперни характеристики на елементи:** ръчно, с характериограф (осцилоскоп), компютърно (ЦАП, АЦП и компютър).

Е 2: Експерименти с източници и измервателни уреди

1. **Изследване на източници**
   a. **Изследване на източник на напрежение**
      i. *“Идеален” източник на напрежение*:
         1. Без товар (на празен ход)
         2. С товар (резистори с различни стойности или няколко с еднаква стойност паралелно)
      ii. *Реален източник на напрежени*е (“идеален” източник на напрежение с последователно добавен резистор с малко съпротивление):
         1. Без товар (на празен ход)
         2. С товар (резистор с различни стойности или няколко с еднаква стойност паралелно)
      iii. Експериментална проверка на закона на Ом във вида I = V/R
      iv. Разглобяване на различни батерии (9 V, 1,5 V, 12 V) и изследване на вътрешното им устройство
      v. Свързване на батерии последователно. Проверка на II закон на Кирхоф за напреженията.
   b. **“Изобретяване” и изследване на реален източник на ток**

i. Сглобяване чрез идеален източник на напрежение и резистор с голямо съпротивление, включен последователно

ii. Изследване при различни товари: накъсо, резистор, отворена верига. Разглеждане на приложения в транзисторните схеми по ППЕ (изследване на диоди по ток, захранване на светодиоди, базов резистор)

iii. Експериментална проверка на закона на Ом във вида V = I.R

iv. Свързване на източници на ток паралелно. Проверка на I закон на Кирхоф за токовете.

2. **Изследване на измервателни уреди** (бегло, доколкото е необходимо за провеждане на началните експерименти)**:**

   a. “Изобретяване” и изследване на волтметър

   i. Магнитоелектрически волтметър (сглобяване чрез микроамперметър + резистор последователно)

   ii. Електронен мултиметър - устройство (идейно), режими на работа

   iii. Как може да бъде “изгорен” един волтметър (включване към източник на ток)?

   b. “Изобретяване” и изследване на амперметър

   i. Сглобяване чрез волтметър + резистор паралелно

   ii. Отваряне на електронен мултиметър и изследване на шунтовите резистори. Обясняване на ролята на предпазителя. Как може да бъде “изгорен” един амперметър (включване към източник на напрежение)?

Е 3: Съставни схеми с резистори

1. **Снемане на волт-амперни характеристики на резистори с различно съпротивление (закон на Ом в графичен вид).**
2. **Резисторът като пасивен преобразувател**

   a. ***напрежение-ток* и *съпротивление-ток*;**
   b. ***ток-напрежение* и *съпротивление-напрежение***

3. **Приложения на резисторите в електронните схеми:**
   a. Съставен волтметър (амперметър + резистор последователно), опитна постановка за изследване на диоди по ток, захранване на светодиоди, базов резистор.
   b. Съставен амперметър (волтметър + резистор паралелно), опитна постановка за изследване на транзистори по напрежение, колекторен резистор, емитерен резистор.
4. **“Pull-up” и “pull-down” резистор**
   a. **Идея (интуитивно обяснение на произхода на имената)**
   b. **Приложения в транзисторните схеми по ППЕ и МПТ (порт Е на микроконтролера HC11)**
5. **Делител на напрежение**
   a. **"Изобретяване”**
      i. … от натоварен реален източник на напрежение
      ii. … чрез каскадно свързване на преобразуватели ***напрежение-ток* и *съпротивление-ток***
      iii. … чрез последователно свързване на “pull-up” и “pull-down” резистори
   b. **Изследване:**
      i. Без товар (на празен ход)
      ii. С товар (резистори с различни стойности или няколко с еднаква стойност паралелно)
      iii. Измерване на напрежението на празен ход и еквивалентното съпротивление на Тевенин
      iv. Експериментална проверка на втория закон на Кирхоф за напреженията

   c. **Разглеждане на желани приложения и нежелани проявления в електронните схеми**

6. **Потенциометър**
   a. **"Изобретяване" чрез:**
      i. … вертикално слепване на два резистора
      ii. … снемане на потенциална диаграма на съпротивителен проводник (експеримент на Ом)
   b. **Изследване:**
      i. Без товар (на празен ход)
      ii. С товар - резистор, комбинация от резистори
   c. **Изследване на необичайни потенциометри**
      i. Изследване на самоделни "потенциометри", направени от графит на молив, рисувани с мек молив върху хартия, проводяща пяна (дунапрен), съпротивителен проводник, подсолена вода, човешкото тяло и др.
      ii. Изследване на потенциалния релеф на проводяща вода чрез сондите на волтметър.
      iii. Захранване на консуматори (лампа, светодиод, моторче, "пищялка" и др.) от напрежителния пад върху проводяща вода ("театрален реостат").
   d. **Пресъздаване на исторически експеримент от 19-ти век:** Измерване на напрежение чрез компенсационен метод; разкриване на произхода на името "потенциометър".
7. **Понятие за електрическа "маса" (опорен потенциал). Експерименти с "масата", избирана в различни точки на захранващия източник:**
   a. **отрицателната шина (-12 V)**
   b. **положителната шина (+12 V)**
   c. **средата (+6 V)**
8. **Двуполярно захранване (*split supply)* получено чрез:**

   a. **… "слепване" на две батерии чрез последователно свързване**
   b. **… "разцепване" на една батерия на две последователно свързани**
      i. Експеримент: отваряне на 9 V батерия и намиране на средна точка вътре в нея)
   c. **… изкуствено получаване на средна точка (виртуална маса) чрез делител на напрежение**
9. **Резистивен суматор (R1-R2 верига)**
   a. **"Изобретяване" чрез:**
      i. … "изместване" на масата чрез втори източник
      ii. … чрез потенциалната диаграма
   b. **Приложение в инвертиращите схеми с операционни усилватели (виртуална маса)**
10. **Мост на Уитстон**
   a. **"Изобретяване" чрез:**
      i. … "разцепване на потенциометър на две вертикални половинки
      ii. … сглобяване от два потенциометъра
      iii. Нетрадиционни мостове от съпротивителни материали (графити, проводим дунапрен и др.)
   b. **Изследване:**
      i. несиметрично
      ii. диференциално
      iii. Синфазно
11. **Делител на ток**

Е 4: Схеми с реактивни елементи

1. **Схеми с кондензатори**
   a. **Интуитивна представа за кондензатора и неговото поведение**
      i. Протича ли ток през кондензатора?

b. Интегратори

i. Интегратор на ток

1. Построяване чрез кондензатор, захранван от източник на ток
2. Наблюдаване на изходното напрежение (при константен входен ток) чрез осцилоскоп. Обясняване на линейната форма.

ii. Интегратор на напрежение

1. Построяване чрез каскадно свързване на *преобразувател напрежение-ток* (резистор) и *интегратор на ток* (кондензатор)
2. Наблюдаване на изходното напрежение при константно входно напрежение (зареждане) и нулево напрежение (разреждане) чрез осцилоскоп. Обясняване на нелинейната форма.

c. Диференциатори

i. Диференциатор на ток

1. Построяване чрез кондензатор, захранван от източник на напрежение

ii. Диференциатор на напрежение

1. Построяване чрез каскадно свързване на *диференциатор на напрежение* (кондензатор) и *преобразувател ток-напрежение* (резистор)

2. **Разреждане на кондензатори с голям капацитет през различни елементи: резистори, лампички, светодиоди, релета, моторчета, други кондензатори (незаредени и заредени до различни напрежения).**
3. **Получаване на по-високо напрежение чрез зареждане на паралелно свързани кондензатори и след това разкачане и последователно свързване (идеята на преобразувателите на постоянно напрежение).**
4. **Изследване на кондензаторите като "преместващи" и фиксиращи напрежението елементи.**

a. Приложения в електронните схеми

i. Разделителни кондензатори
ii. Блокиращи кондензатори
iii. Филтриращи елементи

Е 5: Схеми с електромагнитни елементи

1. **Схеми с индуктивности**
   a. **Бобини**
      i. Интуитивна представа за индуктивност и нейното поведение.
      ii. Изследване на напрежението на самоиндукция (при взети съответни предпазни мерки) чрез включване/изключване на бобина към/от източник на напрежение
         1. Приложения - гасене на напрежението на самоиндукция на реле с паралелно включен диод
   b. **Трансформатори**
   c. **Електромагнитни релета**
      i. Обикновено електромагнитно реле
      ii. Рид-контакти и рид-релета; поляризовани рид-контакти
      iii. Изследване на предавателната характеристика на електромагнитно реле; хистерезис
      iv. Приложения на релетата: управление на мощни консуматори от маломощен източник, галванично разделяне, реле със самоблокиране.
   d. **Електродинамични излъчватели и приемници**
      i. **Пресъздаване на исторически експеримент от 19-ти век: въгленов микрофон свързан последователно на електромагнитен излъчвател**
   e. **Постояннотокови електродвигателчета**
   f. **Соленоиди**

Е 6: Схеми с нелинейни елементи и сензори

1. **Идея (интуитивно обяснение)**
2. **Снемане на волт-амперни характеристики на нелинейни елементи:**
    a. **Лампи с нажежаема жичка**
    b. **Варистори**
    c. **Термистори**
    d. **Полупроводникови диоди (идейно). Връзка с упражненията по ППЕ.**
    e. **Транзистори (идейно). Връзка с упражненията по ППЕ.**
3. **Приложения на нелинейните елементи**
    a. **Стабилизиране на напрежение (идейно)**
    b. **Стабилизиране (ограничаване) на ток (идейно)**

ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ИЗМЕРВАНИЯ

И 1: Класически измервателни уреди

1. ***Волтметър*:** идеален, реален
    i. Устройство и принцип на действие: магнитоелектричен, електронен
        1. Сглобяване на магнитоелектрически волтметър чрез микроамперметър + резистор последователно
    ii. Свойства: максимално напрежение (обхват), високо вътрешно съпротивление
2. ***Амперметър***: идеален, реален
    i. Устройство и принцип на действие: магнитоелектричен, електронен
        1. Сглобяване на магнитоелектрически амперметър чрез волтметър + резистор паралелно.
    ii. Свойства: максимален ток (обхват), ниско вътрешно съпротивление
3. **Омметър**
    i. Устройство и принцип на действие
4. **Измервания с класически уреди**
    a. **Измерване на напрежение с реален волтметър**
        i. Измерване на (диференциално) напрежение между две точки и (несиметрично) напрежение спрямо точка с опорен потенциал (“маса”). Понятие за маса; избор на масата.
        ii. Измерване на вътрешното съпротивление на волтметъра чрез омметър
            1. Определяне на грешката от крайното вътрешно съпротивление
    b. **Измерване на ток чрез амперметър**
        i. Измерване на вътрешното съпротивление на амперметъра чрез омметър

1. Определяне на грешката от ненулевото вътрешно съпротивление

c. Измерване на ток чрез волтметър

i. Идея на метода - измерване на напрежителния пад върху резистор с известно съпротивление.
   1. Възможности за реализация (наличие на резистор с известно съпротивление)
   2. Предимства (не се разкъсва веригата)

ii. Приложения
   1. В лабораторните упражнения по ППЕ (характериограф за снемане на волт-амперни характеристики на двуполюсни елементи**)**
   2. При диагностика на електронни устройства

d. Измерване на напрежение и ток

i. VA схема на свързване
   1. Експеримент: Снемане на ВАХ на диод в обратна посока (от лабораторните упражнения по ППЕ)

ii. AV схема на свързване
   1. Експеримент: Снемане на ВАХ на диод в права посока (от лабораторните упражнения по ППЕ)

e. **Измерване на съпротивление**

i. … директно чрез омметър

ii. … косвено чрез волтметър и амперметър

И 2: Косвено измерване на напрежение по компенсационния метод

1. **Идея на метода. Дискусия за произхода на думата "потенциометър"**

2. **Пресъздаване на опитната постановка от 19-ти век.**
3. **Измерване на различни напрежения.**
4. **Приложения в електронните схеми с последователна отрицателна обратна връзка (повторител на напрежение и неинвертиращ усилвател, реализирани с операционен усилвател)**

И 3: Косвено измерване на съпротивление в електронните схеми

1. **Измерване на входно съпротивление чрез добавяне на резистор последователно на входа**
2. **Измерване на изходно съпротивление чрез включване на два различни товарни резистора**

И 4: Мостови схеми

3. **Идея на схемата.**
4. **“Сглобяване” чрез два делителя на напрежение**
    a. **Дискретен мост от четири еднакви резистора (шунтиране чрез резистор)**
    b. **Аналогов мост от два потенциометъра**
5. **Изследване:**
    a. **несиметрично**
    b. **диференциално**
    c. **синфазно**
6. **Изследване на балансиран мост на Уитстон**
7. **Приложения в електронните схеми**
    a. **диференциални усилватели**

b. **измервателни схеми**

И 5: Измерване на неелектрически величини

1. **Сензори: параметрични, генераторни.**
    a. **Изследване на (фото и термо) резистивни сензори**
    b. **Полумостова схема (делител на напрежние)**
    c. **Мостова схема (небалансиран мост на Уитстон), сглобена от два полумоста**
2. **Електронни преобразуватели, реализирани с операционни усилватели**
    a. **Прецизен преобразувател “напрежение-ток”**
    b. **Прецизен преобразувател “ток-напрежение”**
    c. **Инвертиращ усилвател**
    d. **Неинвертиращ усилвател и повторител на напрежение**
    e. **Диференциален измервателен (инструментален) усилвател**

И 6: Наблюдаване и измерване на сигнали с осцилоскоп

1. **Идея на осцилоскопа**
2. **Устройство**
    a. **Принцип на действие**
    b. **Блокове схема**
3. **Работа с осцилоскоп**
    a. **YT режим (развивка във времето)**
    b. **XY режим (предавателна характеристика)**

4. **Наблюдаване и измерване на променливи напрежения от различни източници**
5. **Изследване на прост характериограф (от лабораторните упражнения по ППЕ) за снемане на волт-амперни характеристики на двуполюсни елементи (резистори, диоди, лампички и др.)**
    a. **“Изобретяване” върху черната дъска**
    b. **Сглобяване върху експерименталните платки**
    c. **Снемане на волт-амперни характеристики на различни елементи**